



**ТЕМА НОМЕРА:
ФИЗИОЛОГИЯ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ
THEME OF THE ISSUE:
PHYSIOLOGY. EXPERIMENTAL PHYSIOLOGY**

DOI: 10.22363/2313-0245-2023-27-4-411-418
EDN: CSWYMC

REVIEW
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

История авиационной физиологии

Е.К. Гребенников , **И.Н. Гребенникова** ,
А.М. Суботялова , **М.А. Суботялов**  

Новосибирский государственный педагогический университет г. Новосибирск, Российская Федерация
 subotyalov@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность.* В изучении истории медицинских и биологических дисциплин важную часть составляет выявление этапов их становления и развития. В связи с этим представляется важным сделать историко-научный аналитический обзор развития представлений об авиационной физиологии, охватывающий разные этапы истории науки и отражающий вклад исследователей разных регионов, который будет полезным для преподавания историко-научных и специальных дисциплин, а также для исследователей, занимающихся изучением авиационной физиологии. Необходимость понимания того, как функционирует организм человека в полете, возникла вместе с развитием воздухоплавания. Статья посвящена анализу основных этапов развития авиационной физиологии. *Цель исследования* — дать характеристику этапам становления и развития авиационной физиологии. *Методы исследования.* При подготовке настоящей публикации использовались преимущественно статьи в изданиях, включенных в РИНЦ, PubMed, Scopus. Предпочтение было отдано материалам, опубликованным в последние 15 лет. *Основные результаты* заключаются в представлении этапов развития авиационной физиологии с описанием вклада основных исследователей в этой области. Проанализированы достижения отечественных учёных, врачей, физиологов И.М. Сеченова, Л.А. Орбели, Г.М. Зараковского, представлены их научные приоритеты в развитии данного научного направления. В заключении представлен вывод о процессе становления и развития авиационной физиологии как направления медико-биологических знаний. До появления авиации (XIX век) происходило исследование гипоксии при изучении полетов на воздушных шарах. С появлением скоростных и маневренных самолетов авиационная физиология начала изучать реакцию организма на перегрузки,

© Гребенников Е.К., Гребенникова И.Н., Суботялова А.М., Суботялов М.А., 2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

вызванные высокоманевренными полетами. **Выводы.** В развитии авиационной физиологии можно условно выделить два этапа. 1. Доавиационный, в рамках которого происходит зарождение этой области медико-биологических знаний. 2. Авиационный, на данном этапе у ученых появилась возможность исследовать множественные и разнонаправленные перегрузки и влияние их на организм человека. В настоящее время авиационная физиология является одним из важных разделов физиологии, а также авиационной и космической медицины.

Ключевые слова: история науки, история медицины, история физиологии, авиационная физиология

Информация о финансировании. Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

Вклад авторов. Гребенников Е.К., Гребенникова И.Н., Суботьялова А.М., Суботьялов М.А. — дизайн исследования, сбор и обработка материала, обзор по теме публикации, написание работы, окончательное утверждение версии для публикации. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Этическое утверждение — неприменимо.

Благодарности — неприменимо.

Информированное согласие на публикацию — неприменимо.

Поступила 16.10.2023. Принята 14.11.2023.

Для цитирования: Гребенников Е.К., Гребенникова И.Н., Суботьялова А.М., Суботьялов М.А. История авиационной физиологии // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2023. Т. 27. No 3. С. 411–418. doi: 10.22363/2313-0245-2023-27-4-411-418

History of aviation physiology

Egor K. Grebennikov , Inna N. Grebennikova ,
Anna M. Subotyalova , Mikhail A. Subotyalov  

Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation
 subotyalov@yandex.ru

Abstract. Relevance. In studying the history of medical and biological disciplines, an important part is the identification of the stages of their formation and development. In this regard, it seems important to make a historical and scientific analytical review of the development of ideas about aviation physiology, covering different stages of the history of science and reflecting the contribution of researchers from different regions. It will be useful for teaching historical and scientific and special disciplines, as well as for researchers involved in the study of aviation physiology. The need to understand how the human body functions in flight arose along with the development of aeronautics. The study is devoted to the analysis of the main stages in the development of aviation physiology. The *purpose* of the study – to characterize the stages of formation and development of aviation physiology. *Research methods.* In preparing this publication, articles in publications included in the RSCI, PubMed, and Scopus were mainly used. Preference was given to materials published in the last 15 years. The *main results* present the stages of development of aviation physiology with a description of the contribution of the main researchers in this field. The achievements of domestic

scientists, doctors, physiologists I.M. Sechenov, L.A. Orbeli, G.M. Zarakovsky are analyzed, their scientific priorities in the development of this scientific direction are presented. The process of formation and development of aviation physiology as a direction of biomedical knowledge is presented. Before the advent of aviation (19th century), hypoxia was studied in the study of balloon flights. With the advent of high-speed and maneuverable aircraft, aviation physiology began to study the body's response to overloads caused by highly maneuverable flights. *Conclusion*. The development of aviation physiology can be divided into two stages. 1. Pre-aviation, within which the emergence of this area of medico-biological knowledge takes place. 2. Aviation, at this stage scientists have the opportunity to study different multidirectional overloads and their effect on the human body. Currently, aviation physiology is one of the important branches of physiology, aviation and space medicine.

Keywords: history of science, history of medicine, history of physiology, aviation physiology

Funding. The authors claim that there is no funding for the preparation of the article.

Author contributions. Grebennikov E.K., Grebennikova I.N., Subotyalova A.M., Subotyalov M.A. — collecting material, processing, and analyzing material, writing text. All authors made a significant contribution to the development of the concept and writing the article, read and approved the final version before publication.

Conflicts of interest statement. The authors declare no conflict of interest.

Ethics approval — not applicable.

Acknowledgements — not applicable.

Consent for publication — not applicable.

Received 16.10.2023. Accepted 14.11.2023.

For citation: Grebennikov EK, Grebennikova IN, Subotyalova AM, Subotyalov MA. History of aviation physiology. *RUDN Journal of Medicine*. 2023;27(3): 411–418. doi: 10.22363/2313–0245–2023–27–4–411–418

Введение

Необходимость понимания того, как функционирует организм человека в полете, возникла вместе с развитием воздухоплавания. В изучении истории медицинских и биологических дисциплин важную часть составляет выявление этапов их становления и развития. В связи с этим представляется важным сделать историко-научный аналитический обзор развития представлений об авиационной физиологии, охватывающий разные этапы истории науки и отражающий вклад исследователей разных регионов, который будет полезным для преподавания историко-научных и специальных дисциплин, а также для исследователей, занимающихся изучением авиационной физиологии.

Цель исследования — дать характеристику этапам становления и развития авиационной физиологии.

Методы исследования

При подготовке настоящей публикации использовались преимущественно статьи в изданиях, включенных в РИНЦ, PubMed, Scopus. Предпочтение было отдано материалам, опубликованным в последние 15 лет.

Результаты исследования

Французский физиолог Поль Бер (Paul Bert, 1833–1886) написал работу, в которой установил понятие парциального давления кислорода как физиологического параметра, влияющего на организм. Защита человека, находящегося во время полета на большой высоте, учитывает это понятие, изменяя либо давление, окружающее тело, либо долю кислорода во вдыхаемых газах [1].

В 1862 г. английские воздухоплаватель Хенри Трейси Коксуэлл (Henry Tracey Coxwell, 1819–1900) и аэронавт Джеймс Глейшер (James Glaisher, 1809–1903) совершили подъём на воздушном шаре на высоту более 8800 м. Оба испытали временный паралич конечностей, а также слепоту. Позднее некоторые исследователи пытались объяснить это декомпрессионной болезнью (ДКБ). Другие предполагали, что паралич конечностей Глейшера и Коксуэлла и изменения зрения (слепота) вряд ли были вызваны ДКБ, поскольку «ДКБ спинного мозга крайне редко встречается у летчиков (если это вообще происходит)» и «визуальные изменения, скорее всего, были связаны с гипоксемией и/или гипотензией» [2].

Несмотря на опасность жизням ученых, этот полет способствовал росту исследовательского интереса к проблеме влияния изменения высоты и перепадов давления на организм человека.

Работы великого отечественного ученого Ивана Михайловича Сеченова (1829–1905) по газообмену и растворению газов в жидкостях заложили основы будущей авиационной, а затем космической физиологии и медицины. Его фундаментальные труды посвящены изучению взаимодействий систем анализаторов при решении задачи пространственной ориентации человека в условиях полета, разработке нейрогенной теории утомления [3]. Его изучение альвеолярного воздуха имело исключительное значение для возникновения и развития летного и водолазного дела [4]. Идеи Сеченова имели важное значение для дальнейших исследований по повышению эффективности выполнения и безопасности авиационных и космических полетов.

Работы немецкого физиолога Натана Цунца (Zuntz Nathan, 1847–1920) охватывали широкий спектр областей исследований; основными направлениями были метаболизм, питание, дыхание, газы крови, физические упражнения и физиология высокогорья. Цунц был первым, кто описал разницу между лабораторными данными, полученными в гипобарической камере, и измерениями на большой высоте. В 1902 г. он вместе со своим учеником, австрийским физиологом Антоном Шрёттером

(Anton Hermann Victor Thomas Schrötter, 1870–1928), провел две экспедиции на воздушном шаре, которые ознаменовали собой переход от земной физиологии к авиационной медицине. Авиационный союз, армия и научные ведомства были тесно связаны друг с другом. В сотрудничестве с этими учреждениями Цунц и Шрёттер построили систему подачи кислорода и спроектировали герметичную кабину для полетов на высотах более 10 000 м [5].

В СССР в 1930 г. на базе Центральной психофизиологической лаборатории (ЦПФЛ) был создан авиационный сектор Научно-исследовательского санитарного института РККА. В 1935 г. сектор преобразовали в Авиационный научно-исследовательский санитарный институт, переименованный позднее в Институт авиационной медицины (ИАМ) ВВС им И.П. Павлова. Центр занимался решением проблем, связанных с обеспечением жизнедеятельности, работоспособности и безопасности человека во время полета. Круг данных проблем был довольно широк: кислородное голодание организма человека и способы его профилактики и защиты летного состава; переносимость ускорений в зависимости от направления их действия; влияние факторов полета на функции анализаторских систем и т. д. Эти исследования помогли получить и обобщить данные о психофизиологических возможностях летчиков и разработать методы их адаптации к высотным полетам и перепадам давления, что особенно было важно в послевоенные годы, когда получила развитие реактивная авиация. В настоящее время Центр продолжает исследования психофизиологических проблем специалистов в авиационной сфере с целью обеспечения их профессиональной надежности [6].

В начале 1930-х гг. отечественный физиолог Леон Абгарович Орбели (1882–1958) и его сотрудники проводили исследования в области физиологии высотного полета, что в дальнейшем позволило стратонавтам совершить в 1933 году подъем на высоту 18600 м. Во время Великой Отечественной войны при кафедре физиологии Военно-медицинской академии была создана Лаборатория авиационной медицины, общее руководство которой взял на себя

Орбели. В этой лаборатории были осуществлены важные исследования по изучению влияния ускорений и резких изменений атмосферного давления на человеческий организм [7].

Норвежский врач Карл Вильгельм Сем-Якобсен (Carl Wilhelm Sem-Jacobsen, 1912–1991) стал пионером исследований глубокой стимуляции мозга и аэрокосмической нейрофизиологии. Он сконструировал свои собственные медицинские технические устройства, одним из первых разработал глубокую стимуляцию мозга и создал самые миниатюрные из когда-либо существовавших ранее систем записи ЭЭГ и ЭКГ. В главной психиатрической больнице Осло Сем-Якобсен организовал собственный нейрофизиологический институт для исследований в области нейрохирургии, глубоких записей мозга и глубокой стимуляции мозга. В сотрудничестве с опытными нейрохирургами Осло Сем-Якобсен провел самые первые испытания глубокой стимуляции мозга у пациентов с болезнью Паркинсона. По-видимому, еще в 1950-х гг. он уже пробовал применять субталамическую стимуляцию [8].

История профилактики гипоксии тесно связана с авиационной физиологией. Когда самолеты стали летать выше 3 км, гипоксия пилотов, влияющая на их производительность, становилась все более серьезной проблемой. Незадолго до Второй мировой войны американские врачи Уолтер М. Бутби (Walter M Boothby, 1880–1953) и Уильям Рэндольф Лавлейс II (William Randolph Lovelace II, 1907–1965) и американский хирург Артур Х. Булбулян (Arthur H. Bulbulian, 1900–1996) разработали специальную маску, которая должна была помочь преодолеть низкое парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе [9].

Во время Второй мировой войны пилоты разных стран продолжали сталкиваться с проблемами, связанными с быстрым изменением высоты и перепадами давления. Описываются случаи преходящей слепоты. Один из пилотов после гипоксии был поднят на высоту 11 582 м. «У него появились небольшие изгибы в плечах, он стал невосприимчивым и нескоординированным. Спуск производился в течение семи минут, и он

был сбит с толку. Примерно через пять-десять минут он пришел в сознание, но жаловался на полную слепоту, которая полностью прошла в следующие пятнадцать-тридцать минут. Фундаментальных изменений обнаружено не было...» Другой пилот пребывал примерно на той же высоте и «по-видимому, находился без сознания в течение двадцати минут. У него был крайне тяжелый шок... и он был слеп в течение дня, с постепенным возвращением зрения в течение следующих четырех суток. На полях его сетчатки отмечалось заметное артериальное сужение» [2].

Потеря сознания у пилотов во время быстрого набора высоты была одной из серьезнейших проблем. К великому сожалению, в 1941–1942 гг. проводились эксперименты над пациентами, больными шизофренией с целью изучения причины этого явления с помощью разработанного шейного устройства KRA-Cuff, которое при надувании могло перекрыть приток крови к мозгу. При прекращении кровотока до 100 секунд исследователи наблюдали последовательность реакций, включая потерю сознания, за которой следовали расширенные зрачки, тонические/клонические движения, потеря контроля над мочевым пузырем и, в итоге, опорожнение кишечника, а также появление патологических рефлексов [10].

В годы Второй мировой войны Теодор Ханнес Бензингер (Theodor Hannes Benzinger, 1905–1999), американский физиолог немецкого происхождения, проводил физиологические исследования (нередко с собственным участием) влияния быстрой декомпрессии и связанного с ней кислородного оборудования во время полетов на больших высотах. С 1934 по 1944 г. он возглавлял авиамедицинскую лабораторию «EMed» в Рехлине, где сыграл важную роль в проведении исследований, связанных с полетами в стратосфере и эксперименты с быстрой декомпрессией на высоте до 19 000 м. (часто с его личным участием). Эти эксперименты внесли существенный вклад в понимание физиологии человека и требований жизнеобеспечения в сфере высотной авиации, а позднее и для работ в условиях, эквивалентных космическим [11].

Американский физиолог Эрл Ховард Вуд (Earl Howard Wood, 1912–2009), исследовавший факторы потери сознания, вызванной ускорением, с которой сталкиваются пилоты высокопроизводительных самолетов, разработал приборы для измерения и регистрации артериального давления и содержания крови в тканях. Эти данные привели к разработке успешных мер противодействия потере сознания, вызванной ускорением, с помощью надувного «G-костюма» и маневра задержки дыхания «M1». После Второй мировой войны он использовал и модифицировал эти инструменты и использовал методы разведения индикатора путем непрерывного забора внутрисердечной крови, чтобы значительно повысить специфичность и чувствительность диагностики внутрисердечных анатомических и функциональных аномалий у пациентов с врожденными пороками сердца. Это способствовало значительному увеличению числа успешных операций на открытом сердце в 1950-е гг. [12].

Уже упоминавшийся У.Р. Лавлейс II вместе с военным летным хирургом Доном Дэвисом Фликингером (Don Davis Flickinger, 1907–1997) предположили, что с инженерной точки зрения было бы более практично отправлять в космос не мужчин, а женщин ввиду их меньшей массы тела и потребности в кислороде. В 1960 г. доктор Лавлейс взял на себя руководство программой «Женщина в космосе» и начал медицинские и физиологические испытания ряда опытных женщин-летчиков. Тесты, которым подверглись эти женщины, были идентичны тем, которые использовались для тестирования первых астронавтов программы «Меркурий», с добавлением гинекологических осмотров. 13 из 19 протестированных женщин сдали эти напряженные физиологические экзамены (для сравнения, среди протестированных мужчин сдали 18 из 32); часть этих пилотов была дополнительно протестирована на серии психологических экзаменов, которые были аналогичны или, в некоторых случаях, более требовательны, чем те, которые проводились для мужчин-кандидатов на «Меркурий». Несмотря на эти многообещающие результаты, дальнейшие испытания были остановлены [13].

В 1989 г. были рассмотрены 133 случая высотной ДКБ типа II (множественные системные симптомы, включая неврологические проявления), хранящиеся в файлах Школы аэрокосмической медицины ВВС США, большинство из которых (94,7 %) последовало за обучением в барокамере. Наиболее часто проявляемым симптомом было нарушение зрения. Были изучены 143 случая неврологической ДКБ типа II, также зарегистрированных в Школе аэрокосмической медицины ВВС США. Снова было выяснено, что наиболее распространенными неврологическими симптомами и признаками высокогорной ДКБ были визуальные изменения [2].

Отечественный специалист в области военной медицины Георгий Михайлович Зараковский (1925–2014) в 1965–1987 гг. возглавлял отдел психофизиологических исследований в Государственном научно-исследовательском испытательном институте авиационной и космической медицины. Качество решения задач, которые ставились перед летчиками, оценивались в зависимости от особенностей внимания, памяти и мышления, психического состояния и профессионально важных качеств человека оператора. Результаты теоретических и практических исследований по обеспечению профессиональной надежности летного состава, космонавтов и авиационных специалистов, проводимых Зараковским, легли в основу его докторской диссертации, защищенной в 1974 г. Он стал автором концепции управления психофизиологическим состоянием космонавтов в полете, разработал принципы, методы и способы поддержания их работоспособности и профилактики утомления [14].

С началом космических полетов перед исследователями встали новые вопросы. К ним относятся нейровестибулярные проблемы, включающие укачивание в пространстве и дезориентацию во время полета, а также нарушение баланса и нервно-мышечной координации после приземления; сердечно-сосудистые и жидкостные проблемы ортостатической гипотензии сразу после космического полета; изменение сердечной восприимчивости к желудочковым аритмиям; снижение массы сердечной мышцы и снижение сердечной

функции; проблемы атрофии мышц, включая потерю мышечной массы, силы и выносливости; снижение минеральной плотности костей; проблемы, связанные со сном, производительностью и циркадными ритмами; проблемы, связанные с ослаблением иммунитета.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Таким образом, в развитии авиационной физиологии можно условно выделить два этапа. 1. Доавиационный, в рамках которого происходит зарождение этой области медико-биологических знаний. 2. Авиационный. На втором этапе у ученых появилась возможность исследовать множественные и разнонаправленные перегрузки и влияние их на организм человека.

Материалы настоящей статьи дополняют существующие историко-биологические исследования, посвященные развитию представлений об авиационной физиологии. Они могут быть использованы при дальнейшем исследовании становления и развития авиационной физиологии, а также как учебно-методический материал для изучения в рамках дисциплин «История биологии», «История медицины», «Физиология».

Библиографический список

1. Marotte H. L'exposition de l'Homme à l'altitude en aéronautique: de Paul Bert à nos jours [The exposure of man to altitude when flying: from Paul Bert to today] // *Journal of Social and Biological Systems*. 2006. V. 200. № 3. P. 251–255. doi: 10.1051/jbio:2006029. (in French).
2. Rodway G.W. Limb paralysis and visual changes during Glaisher and Coxwell's 1862 balloon ascent to over 8800 m. // *High Altitude Medicine & Biology*. 2007. V. 8. № 3. P. 256–259. doi: 10.1089/ham.2007.8311
3. Ушаков И.Б., Бухтияров И.В., Шипов А.А. Творческое развитие идей И.М. Сеченова в авиационной и космической медицине // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2011. Т. 97. № 7. С. 751–758.
4. Сорокина Т.С. Иван Михайлович Сеченов в истории российской и мировой физиологии // *Вестник Российского университета дружбы народов*. Серия: Медицина. 2014. № 3. С. 97–107.
5. Gunga H.C., Kirsch K.A. Nathan Zuntz (1847–1920) — a German pioneer in high altitude physiology and aviation medicine,

Part II: Scientific work // *Aviation Space and Environmental Medicine*. 1995. V. 66. № 2. P. 172–176.

6. Жданько И.М., Ворона А.А., Лапа В.В., Хоменко М.Н. Научно-исследовательскому испытательному центру авиационно-космической медицины и военной эргономики — 80 лет // *Военно-медицинский журнал*. 2015. Т. 336. № 3. С. 68–75.

7. Григорьев А.И., Баевский П.М., Галеева Н.Ю. Из научного наследия В.В. Парина (к разработке проблем космической медицины и физиологии) // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2003. Т. 37. № 2. С. 3–11.

8. Dietrichs E. Carl Wilhelm Sem-Jacobsen: Aerospace Neurophysiology and Deep Brain Stimulation Pioneer // *Neurology*. 2022. V. 98. № 5. P. 199–203. doi: 10.1212/WNL.0000000000013149.

9. Cooper M.G., Street N.E. High altitude hypoxia, a mask and a Street. Donation of an aviation BLB oxygen mask apparatus from World War 2 // *Anaesthesia, Pain and Intensive Care*. 2017. V. 45. № 7. P. 45–48. doi: 10.1177/0310057X170450S107

10. Smith B.A., Clayton E.W., Robertson D. Experimental arrest of cerebral blood flow in human subjects: the red wing studies revisited // *Perspectives in Biology and Medicine*. 2011. V. 54. № 2. P. 121–131. doi: 10.1353/pbm.2011.0018

11. Harsch V. Theodor Benzinger, German pioneer in high altitude physiology research and altitude protection // *Aviation Space and Environmental Medicine*. 2007. V. 78. № 9. P. 906–908.

12. Ritman E.L. Earl Wood — a research career noted for development of novel instruments driven by the power of the indicator dilution concept // *Journal of Applied Physiology*. 2014. V. 117. № 9. P. 945–956. doi: 10.1152/jappphysiol.00491.2014

13. Ryan K.L., Loeppky J.A., Kilgore D.E. Jr. A forgotten moment in physiology: the Lovelace Woman in Space Program (1960–1962) // *AJP Advances in Physiology Education*. 2009. V. 33. № 3. P. 157–164. doi: 10.1152/advan.00034.2009

14. Дворников М.В., Меденков А.А. Военно-морской и авиационный врач, психолог и физиолог (К 90-летию со дня рождения Г.М. Заракковского) // *Военно-медицинский журнал*. 2015. Т. 336. № 4. С. 81–83.

References

1. Marotte H. L'exposition de l'Homme à l'altitude en aéronautique: de Paul Bert à nos jours [The exposure of man to altitude when flying: from Paul Bert to today]. *Journal of Social and Biological Systems*. 2006;200(3):251–255. doi: 10.1051/jbio:2006029. (In French)
2. Rodway GW. Limb paralysis and visual changes during Glaisher and Coxwell's 1862 balloon ascent to over 8800 m. *High Altitude Medicine & Biology*. 2007;8(3):256–259. doi: 10.1089/ham.2007.8311
3. Ushakov IB, Bukhtiyarov IV, Shipov AA. I.M. Sechenov's creative development of ideas in aviation and space medicine. *Russian Journal of Physiology*. 2011;97(7):751–758. (In Russian).
4. Sorokina TS. Ivan Mikhaylovich Setchenov in the history of Russian and world physiology. *RUDN Journal of Medicine*. 2014;3:97–107. (In Russian).
5. Gunga HC, Kirsch KA. Nathan Zuntz (1847–1920)—a German pioneer in high altitude physiology and aviation medicine, Part II: Scientific work. *Aviation Space and Environmental Medicine*. 1995;66(2):172–176.

6. Zhdan'ko IM, Vorona AA, Lapa VV, Khomenko MN. Scientific and research experimentation center of aviation and space medicine and human engineering celebrates 80th anniversary. *Military Medical Journal*. 2015;336(3):68–75. (In Russian).
7. Grigor'ev AI, Baevskii RM, Galeeva NYu. From the scientific heritage of V.V. Parina (on the development of problems of space medicine and physiology). *Aerospace and Environmental Medicine*. 2003;37(2):3–11. (In Russian).
8. Dietrichs E. Carl Wilhelm Sem-Jacobsen: Aerospace Neurophysiology and Deep Brain Stimulation Pioneer. *Neurology*. 2022;98(5):199–203. doi: 10.1212/WNL.00000000000013149
9. Cooper MG, Street NE. High altitude hypoxia, a mask and a Street. Donation of an aviation BLB oxygen mask apparatus from World War 2. *Anaesthesia, Pain and Intensive Care*. 2017;45(7):45–48. doi: 10.1177/0310057X170450S107
10. Smith BA, Clayton EW, Robertson D. Experimental arrest of cerebral blood flow in human subjects: the red wing studies revisited. *Perspectives in Biology and Medicine*. 2011;54(2):121–131. doi: 10.1353/pbm.2011.0018
11. Harsch V. Theodor Benzinger, German pioneer in high altitude physiology research and altitude protection. *Aviation Space and Environmental Medicine*. 2007;78(9):906–908.
12. Ritman EL. Earl Wood — a research career noted for development of novel instruments driven by the power of the indicator dilution concept. *Journal of Applied Physiology*. 2014;117(9):945–956. doi: 10.1152/jappphysiol.00491.2014
13. Ryan KL, Loeppky JA, Kilgore DE Jr. A forgotten moment in physiology: the Lovelace Woman in Space Program (1960–1962). *AJP Advances in Physiology Education*. 2009;33(3):157–164. doi: 10.1152/advan.00034.2009
14. Dvornikov MV, Medenkov AA. Marine, aviation and space physician, psychologist and physiologist (to the 90th anniversary of the birth of G.M. Zarakovskii). *Military Medical Journal*. 2015;336(4):81–83. (In Russian).

Ответственный за переписку: Суботьялов Михаил Альбертович — доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет»; доцент кафедры фундаментальной медицины, ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», Российская Федерация, 630055, г. Новосибирск, ул. Иванова, 8. E-mail: subotyalov@yandex.ru

Гребенников Е.К. SPIN 5283–5396; ORCID 0009–0000–5495–7922
Гребенникова И.Н. SPIN 7369–2925; ORCID 0009–0002–7466–3651
Суботьялова А.М. SPIN 8681–6985; ORCID 0000–0001–8235–4395
Суботьялов М.А. SPIN 9170–4604; ORCID 0000–0001–8633–1254

Corresponding author: Mikhail A. Subotyalov, PhD, MD, DSc, Associate Professor, Novosibirsk State Pedagogical University, Department of Anatomy, Physiology and Life safety; Professor of the Fundamental Medicine Department, Novosibirsk State University, 630055, Ivanova str., 8, Novosibirsk, Russian Federation, E-mail: subotyalov@yandex.ru

Grebennikov E.K. ORCID 0009–0000–5495–7922
Grebennikova I.N. ORCID 0009–0002–7466–3651
Subotyalova A.M. ORCID 0000–0001–8235–4395
Subotyalov M.A. ORCID 0000–0001–8633–1254